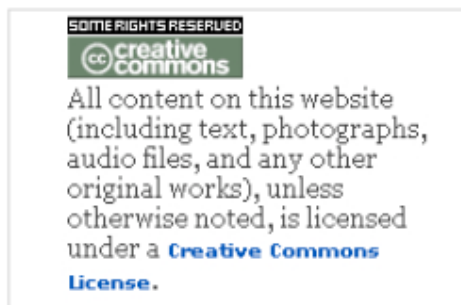


Systemic Complexity for human development in the 21st century
Systemic Complexity : new prospects to complex system theory
7th Congress of the UES **Systems Science European Union** Lisbon, Dec. 17-19, 2008



ShareAlike

This work is licensed under the
Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivs
License

Ce travail est protégé par une licence
Creative Commons

(559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA)

au profit de l' association

APOCOSIS

ISBN: 978-972-9059-05-6

Il peut être copié et distribué gratuitement, uniquement dans un but non-commercial, mais sans modification, et à condition que soit indiqués

It can be copied and distributed, only in a non-commercial purpose, but without modification, and provided with the indications of

the origin/la source : <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/lorignyWS1.pdf>

the title/le titre : [La théorie systémique de l'autonomie humaine, une refondation de la science naturelle de la vie et de l'esprit ?](#)

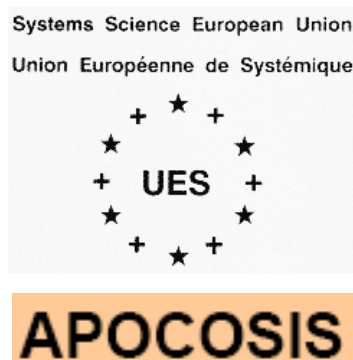
the author/l'auteur : **LORIGNY Jacques**

the pages/la pagination : **10 p.**

the year/l'année : **2008**

& the book/la publication: **7th Systems Science European Union Congress Proceedings, Human Autonomy and Systemics Workshop, Lisboa, Portugal.**
(dir. LORIGNY Jacques)

Attribution Non-Commerciale, Partage À l'Identique
Urhebernennung, Nicht-kommerziell, Gegenseitigkeit
Atribución No comercial, Compartir en igualdad
Atribuição Não-Comercial, Partilha em Igualdade



La Théorie Systémique de l'Autonomie Humaine, une refondation de la science naturelle de la vie et de l'esprit ?

Jacques Lorigny
jacques.lorigny@orange.fr

Abstract

The systemic theory of human autonomy, as proposed by Pierre Vendryès, was built upon the *random relation*. A living organicism acquires its autonomy through a counter-random feedback exerted within, and from, its external milieu. This fundamental indeterminism unifies the three superposed autonomies, metabolic, motor and mental, and Vendryès proves their mutual co-operation. As a matter of fact his thought is akin to that of Jean Piaget, when showing cognitive processes are a natural continuation of biological regulations. The two great scientists may have masterly contributed to the natural science of life, when proving the continuity between the living and the human. Moreover, Vendryès should have brought the rigour of an exact science, thanks to the use of the universal concept of probability, as did Platon in his time with geometry. Vendryès describes the *reserves*, which are essential to any autonomy, as being structured in elementary connectors. That is the point where begins my own theory which continues his work. The reserves of autonomy are now represented in probabilist decision tables, conscious or unconscious, individual or collective, since the bacterium's till the mankind's. It is now the science of mind which is aimed at.

The existence of an autonomous system is represented by two stochastic matrices, the ontic matrix (from *ontos*, being, self) and the ecotic matrix (from *oïkos*, home, milieu), which operate in iterative cycles between two spaces, cognitive and physical (Ψ and Φ spaces). Furthermore, an autonomous system is an open system. The situations it may encounter are indefinite. They do not form a *set*, but an aggregate. Its decision table increases by a cognitive process of acquisition of experience. Its existential cycles enlarge into a widening "spiral" (in Ψ), which may tend towards a "circle". In this case, its situation attains a stability stage. A comparison is proposed between the observation matrix in quantum mechanics, and the product of the ontic and the ecotic matrices of an autonomous system. Contrary to the physicist, who stands facing his material object, which is external to him and independant from him (at least apparently), an autonomous system (individual or collective) is finally to itself its own object. Its progressive autonomisation tends to its autoformation (wisdom, perfect science). At the transcendent level, the two infinities by Pascal, the infinitely big and the infinitely small, are replaced in Ψ space by two new ones, the infinitely far (inaccessible), and the infinitely near (deep, intimate), what can be said in literary terms, the Heaven and the Soul (or Self) of the World.

At last, it is proved that a cognitive process of acquisition of experience in an open world is supervised by an expert, who is necessarily transcendent regarding the central subject. This process is represented (in Ψ space) by tree structures, later folding into networks. A new fundamental relation appears, the *folding relation*, coded R2, in contradistinction to the random relation from Vendryès, which is now coded R1 and also called the *discriminating relation*. We can speak here about a "refoundation" of the science of nature, in a sense akin to ancient presocratic concepts, such as the world genesis by the pair Hate (differentiation) – Love (association) in Empedocles.

Keywords : autonomy, probability, complexity, cognition, acquisition.

Introduction

Dans la communication précédente, nous avons parcouru la théorie systémique de l'autonomie humaine, en rendant hommage à son auteur, le médecin et philosophe français Pierre Vendryès (1908-1989). Elle se résume en un *énoncé fondamental* : « En acquérant son autonomie à partir du milieu extérieur et par rapport à lui, l'être vivant acquiert la possibilité d'entrer avec lui en relations aléatoires » ([19], p.25). Les deux concepts-clés sont « la relation aléatoire » et « l'acquisition ». Avant de passer au second, qui sera au centre du présent exposé, revenons au premier, dont la modélisation doit être complétée pour préparer la théorie mathématique de l'acquisition.

La relation aléatoire

Un organisme acquiert son autonomie grâce à une réaction contre aléatoire exercée dans son milieu extérieur, et à partir de lui. Cet indéterminisme fondamental unifie les trois autonomies superposées, métabolique, motrice et mentale. L'histoire de l'évolution du vivant est d'abord un processus universel d'autonomisation croissante, depuis les microorganismes à l'origine de la vie jusqu'à l'humanité toute entière, qu'on appelle de plus en plus souvent, le « village planétaire ». Vendryès établit la coopération mutuelle de ces trois autonomies, superposées en strates emboîtées dans chaque organisme. Certes, Vendryès n'est pas le premier à démontrer la continuité entre le vivant et l'humain. Pour ne citer que l'exemple le plus proche, le biologiste et psychologue Jean Piaget considérait déjà les processus cognitifs comme un prolongement naturel des régulations biologiques. Il écrivait dans *Biologie et Connaissance* ([11] p.41) : « Les processus cognitifs apparaissent alors simultanément comme la résultante de l'autorégulation organique dont ils reflètent les mécanismes essentiels et comme les organes les plus différenciés de cette régulation au sein des interactions avec l'extérieur, de telle sorte qu'ils finissent avec l'homme par étendre celle-ci à l'univers entier ». Ainsi, les deux penseurs ont-ils contribué de façon magistrale à la science naturelle de la vie, en montrant la continuité entre le vivant et l'humain.

Mais Vendryès a apporté en plus la rigueur de la science exacte, grâce au concept universel de probabilité, tout comme Platon le fit en son temps avec la géométrie. Le penseur grec avait trouvé le moyen, grâce à ses fameux polyèdres, de communiquer universellement l'idée que la variété infinie du monde s'expliquait par la combinaison illimitée des mêmes éléments simples. Rappelons pour l'anecdote que l'histoire nous rapporte plusieurs tentatives d'exposer la diversité et la complexité du monde comme une combinaison d'un petit nombre d'éléments simples. En Chine, des rois archaïques (XII^e siècle Av. J.C.) composent un système comprenant huit trigrammes, soixante-quatre hexagrammes, sorte de codage binaire avant la lettre ([2] p.153). Pour revenir à Platon, dans *le Timée* ([13] p. 433), le polyèdre le plus simple (tétraèdre) est l'atome de feu (héraclitéen), le cube l'atome de terre, l'octaèdre l'atome d'air, l'icosaèdre l'atome d'eau. On reconnaît les quatre éléments de la future phlogistique médiévale, et, encore plus tard, les atomes O, C, N, H. de la matière organique.

De même, Vendryès propose, grâce au concept de probabilité, un moyen de communiquer universellement l'idée qu'au travers de la variété du vivant et du pensant visible sur terre on retrouve une même et unique entité, de nature relationnelle. Est-ce une même « énergie », une même « volonté », ou quoi d'autre ?

Nous allons y venir, mais observons déjà que le lecteur physicien d'aujourd'hui, pas plus que Louis de Broglie en 1942, dans sa Préface au *Vie et Probabilité* de Vendryès, ne s'étonnera de voir la probabilité jouer un rôle aussi crucial en science. En 1955, Heisenberg écrivait dans *Niels Bohr and the developments of physics*, que le plus

important de la nouvelle physique est « l'introduction de la probabilité comme un nouveau genre de *réalité objective* ».

Après avoir introduit la probabilité, Vendryès poursuit sa recherche et se penche sur la nature profonde de la *réserve* d'autonomie. C'est en étudiant d'abord l'autonomie motrice, puis, surtout, l'autonomie mentale, qu'il découvre qu'elle n'est plus composée, comme elle l'était au niveau métabolique et en première analyse, de stocks quantitatifs indifférenciés (tels le glycogène du foie ou un silo de blé), mais de connecteurs élémentaires du type SI situation s ALORS action a. Elle doit désormais recevoir une définition plus rigoureuse, qui apparaît à la page 82 de *Vers la Théorie de l'Homme* (1973) : "Une réserve est un ensemble d'objets qui doivent être simultanément présents pour être simultanément offerts. La simultanéité de leur présence est nécessaire pour que de multiples cas puissent être simultanément possibles."... "ils (les éléments de la réserve) doivent pouvoir, à ce moment, être utilisés les uns ou les autres, selon les combinaisons les plus variées, car les circonstances de leur emploi seront, à ce moment, des plus variées. Ils doivent, par conséquent, pouvoir être mobilisés indépendamment les uns des autres" ([18] p.82).

Les ingénieurs cognitivistes d'aujourd'hui pensent aussitôt à la structure de mémoire associative, mais à son époque, le connecteur SI ...ALORS ...était encore très peu connu. Et cependant, Vendryès le cite quelques lignes après sa définition de la réserve. C'est ici que commence ma propre contribution à la théorie systémique de l'autonomie du vivant et de l'humain. Elle procède d'abord ([7]) à une reformulation mathématique de la relation aléatoire en remarquant qu'au connecteur : SI situation s ALORS action a, est nécessairement associé, à la même adresse L (label), sur le même *site actif*, le connecteur complémentaire : SINON (ou SI situation non s) ALORS action a'.

La relation aléatoire apparaît désormais isomorphe à la table de décision la plus élémentaire :

L : SI situation s ALORS action a
SI situation NON s ALORS action a'

La Vie (le vivre), l'existence (l'exister *là*), doivent se représenter mathématiquement, non plus seulement par des mécanismes élémentaires dans l'espace physique Φ , mais aussi par des tables de décision dans un espace cognitif, ou psychique, noté Ψ . Les éléments du vivant ne sont plus uniquement des molécules biochimiques mais aussi des entités purement qualitatives, associatives, disons « immatérielles » pour forcer le trait. Nous allons devoir être plus précis, car la vie et l'esprit résident à l'évidence sur un support matériel.

Comment se fait le passage, la coupure / union, entre les deux espaces Φ et Ψ ? Quelle est la nature physique de ces entités élémentaires nouvelles, « immatérielles » ? Considérons pour cela le précieux modèle de la nage aléatoire de la bactérie décrit par le biologiste J.-W. Lengeler [4].

Si l'on dépose à l'aide d'une pipette un peu de sucre au centre d'une coupelle, la bactérie tend à s'en rapprocher, grâce à une « savante » nage aléatoire. Elle parcourt une ligne brisée en zigzag, les ruptures de direction étant dues à des *culbutes*, qu'elle effectue en inversant le sens de rotation d'une partie de ses flagelles moteurs, comme si un bateau à deux hélices inversait la rotation d'une seule d'entre elles. Malgré son apparence erratique, d'où le terme nage « aléatoire », ou « brownoïde » aurait dit Vendryès, la trajectoire tend à rapprocher la bactérie de la source de sucre. La raison en est que les segments parcourus entre deux culbutes sont plus courts quand elle s'éloigne de la cible et plus longs quand elle s'en rapproche. En réalité, l'autonomie de la bactérie repose uniquement sur sa capacité à moduler la *fréquence* de ses culbutes en fonction de son environnement constaté, fréquence plus grande si la situation devient plus mauvaise, moins concentrée en sucre, plus faible si elle devient plus favorable, plus concentrée en sucre, le résultat de chaque culbute restant à chaque fois aléatoire dans l'espace.

La « perception » par la bactérie de son milieu environnant repose sur des protéines chimiotactiques logées sur sa membrane et qui offrent deux types de sites d'ancrage des molécules de substrat ambiant, l'un que l'on peut noter s^+ (substrat favorable à la bactérie), l'autre s^- , substrat défavorable, ou moins favorable. La réalité biochimique est un peu complexe et graduée, mais au total on obtient une distinction binaire. Ensuite, le signal perçu (s^+/s^-) est transmis jusqu'au moteur flagellaire grâce à une *cascade de bascules* de réactions biochimiques *bistables*, qui se propage en un temps très bref, de l'ordre de la seconde, à la façon d'un télescopage de dominos. C'est l'archétype de ce que sera, chez les organismes évolués, la transmission d'une onde d'ionisation par le nerf. Lengeler écrivait lui-même : « Les systèmes si élaborés de nos cellules nerveuses pourraient donc n'être que le fruit de l'évolution de ces mécanismes bactériens ? Une idée vraiment étonnante ! » Vendryès aurait beaucoup apprécié.

Finalement, tout se passe comme si la nage de la bactérie obéissait à une table de décision généralisée (inconsciente) : SI substrat s^- ALORS culbute

SI substrat s^+ ALORS non culbute

Cette table de décision est conservée, en quelque sorte *mémorisée* dans l'organisme, selon un ensemble stationnaire de réactions biochimiques bistables, à la façon d'un logiciel en mémoire active d'ordinateur. Le comportement de la bactérie s'y conforme de façon *déterminée*, constante. Ainsi, la modélisation par les tables de décision constitue simplement une façon nouvelle, désormais plus fondamentale, et plus rigoureuse mathématiquement, de réécrire les fameuses « conditions déterminées » chères à Claude Bernard. En paraphrasant Darwin, qui déclarait dans *La Descendance de l'Homme* en 1871, que l'homme descend du singe, on pourrait dire ici que la pensée humaine descend de la cognition bactérienne.

Remarquons que les symboles s^+ , s^- ne sont évidemment pas inscrits dans l'organisme cellulaire comme des digits numériques sur un support matériel. La *codification* proprement dite n'apparaîtra vraiment à la surface de la Terre qu'avec l'espèce humaine évoluée, ses symboles et ses langages. Nous parlerons donc désormais de « codification généralisée » à propos de nos tables de décision comportementales, conscientes ou inconscientes, individuelles ou collectives, et cela sous réserve que l'on vérifie à la fois la stabilité de leur support biochimique, toujours composé d'un réseau de bascules réactionnelles en chaîne, et la fidélité, la constance de leur mode d'expression. La représentation fondamentale du vivant, individuel ou collectif, se fera désormais dans des modèles du type des systèmes symboliques, en un sens proche du Groupe de travail créé par Gérard Donnadieu. Elle utilisera des variables purement qualitatives (à la seule exception de la fréquence d'occurrence utilisée plus loin dans les mesures de quantités d'information). Nous retiendrons que ces variables symboliques correspondent au niveau biochimique à des cascades de réactions bistables, à la fois constantes, *déterminées*, mémorisées dans un organisme vivant, et qu'il active en fonction des circonstances.

Effectuons un retour sur la coupure spatiale entraînée par la relation aléatoire : la relation aléatoire crée, Vendryès nous l'a enseigné, une coupure dans le temps et dans l'espace. Coupure dans le temps, entre l'instant d'avant et l'instant d'après, c'est la dimension phénoménologique de l'existence. Coupure dans l'espace, elle semblait à première vue localisée sur la frontière physique, la membrane de l'organisme, à l'exemple du moteur flagellaire et du capteur chimiotactique de la bactérie. C'est pourquoi l'on a parlé de coupure entre l'organisme et son environnement, entre les milieux intérieur et extérieur de l'organisme, et c'est ainsi que Pierre Vendryès la décrivait. Il se fondait d'ailleurs sur un détail anatomique du système osseux, la cavité articulaire, par exemple, celle du genou. La coupure, pour lui, était bien réelle, c'était une cavité physique.

Mais ce n'est plus désormais, qu'une apparence. Examinons les *causalités* en jeu, le terme de causalité étant pris au sens d'une relation, d'un *mode relationnel entre deux*

événements, entre causes et effets. La traversée matérielle de la membrane, pas plus que celle de la cavité du genou de l'animal vertébré, ne rompt le déterminisme physico-chimique classique qui règne dans la matière. En revanche, nous découvrons chez la bactérie une nouvelle causalité, *l'autodétermination* exprimée par la constance inébranlable de sa table comportementale :

SI s- ALORS culbute, SI s+ ALORS non culbute. Certes, cette table réside bien, d'une certaine façon, à l'intérieur physique de la bactérie. Son étiquette L est bien une « adresse » interne à la bactérie afin que puissent s'y brancher, je suppose, d'autres tables de décision de la même bactérie, relatives à d'autres comportements que celui du déplacement. Mais le milieu fondamental de ces tables de décision, celui où elle prennent leur sens profond est un espace d'une autre structure que celui des mécanismes biochimiques sous-jacents, c'est l'espace cognitif, ou psychique Ψ .

Quant à l'indéterminisme caractéristique du vivant, il réside à l'interface entre le déterminisme de la matière, la *res extensa* de Descartes, et l'autodétermination de l'esprit, la *res cogitans*, ou entre les deux causalités, la causalité naturelle et la causalité intelligible de Kant. Ainsi, la relation aléatoire ne crée pas, en réalité, une coupure entre deux *milieux physiques*, le milieu externe et le milieu interne de l'organisme, mais entre deux *causalités*, entre deux substances, entre les deux *res* de Descartes revisitées, le déterminisme de la matière, à la fois extérieur et intérieur à l'organisme dans Φ , et l'autodétermination des tables de décision dans Ψ , qu'il faut bien appeler une *autodétermination de l'esprit*. Notre théorie tend ainsi à confirmer le dualisme classique de l'esprit et de la matière, mais comble le fossé que Descartes avait laissé entre eux. La relation aléatoire jette entre eux un pont, une corrélation statistique, purement existentielle, qu'on appellera dans la suite la corrélation Ψ - Φ .

La syntaxe générale que nous adoptons pour les tables comportementales de décision est la suivante :

L : SI situation s_1 ALORS action a_1 (probab. p_{11}), action a_2 (p_{12}), ..., action a_n (p_{1n})
 SI situation s_2 ALORS action a_1 (p_{21}), action a_2 (p_{22}),...
 ...
 SI situation s_i ALORS action a_1 (p_{i1}), ..., action a_j (p_{ij}), ...
 ...
 SI situation s_m ALORS action a_1 (p_{m1}), ..., action a_j (p_{mj}), ..., action a_n (p_{mn})

L est l'étiquette, ou adresse, de la table. Les $\{s_i : i = 1 \text{ à } m\}$ sont les situations perçues comme gouvernables par le sujet, les $\{a_j : j = 1 \text{ à } n\}$ des actions décidables en fonction des situations possibles et avec des probabilités variées. De plus, les actions peuvent être des branchements à d'autres tables d'adresse L', L'', ... Le propos est d'englober dans une même représentation formelle l'ensemble des phénomènes de perception-action à l'oeuvre dans tout le système vivant, depuis le niveau cellulaire jusqu'à l'espèce humaine et ses organisations sociales devenues planétaires.

La théorie systémique de l'autonomie du vivant et de l'humain distingue, avant de les unir, deux entités, le sujet et son monde opératoire, entre lesquels s'établissent des cycles existentiels. R. Vallée et G. Maugé l'ont eux aussi développé, nous l'avons vu dans la précédente communication. Pour notre part, la représentation choisie sera à base de matrices stochastiques [7][8][10]. Soit quatre matrices de probabilités :

S(t) matrice-ligne (1,m) des probabilités des situations possibles à l'instant t, $\{p_i(t) : i = 1 \text{ à } m\}$,

A(t) matrice-ligne (1,n) des probabilités des décisions d'action à l'instant t, soit $\{q_j(t) : j = 1 \text{ à } n\}$

O matrice « ontique » (m,n) (du grec *ontos* soi, être) des probabilités des décisions d'actions conditionnées par les situations possibles $\{O_{ij} : i = 1 \text{ à } m, j = 1 \text{ à } n\}$

E matrice écotique (n,m) (du grec *oikos* maison, milieu) des probabilités des situations possibles conditionnées par les décisions précédentes $\{E_{ji} : j = 1 \text{ à } n, i = 1 \text{ à } m\}$

On a entre elles les relations suivantes :

$$A(t) = S(t).O$$

$$S(t+1) = A(t).E$$

$$\text{d'où } S(t+1) = S(t).[O.E]$$

Le produit $[O.E]$ est une matrice carrée (m,m) , stochastique. Son terme général (i,i') est la probabilité que la situation du système autonome soit i' à l'instant $t+1$, sachant qu'elle était i à l'instant t . Elle définit une chaîne de Markov.

Cette représentation bénéficie à la fois de la vertu heuristique de l'algèbre matricielle, et des possibilités immenses du calcul sur ordinateur. Le calcul dit « en machines parallèles », ou Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) ouvre des perspectives quasi illimitées en matière de prévision comportementale dans des problèmes réputés « hypercomplexes », c'est-à-dire dans la dimension matricielle est « hypergrande », à l'échelle d'une ville, d'un réseau mondial, ou, très bientôt, pour des problèmes de vie en commun dans l'espace, notre ami Stéphane Grès va nous en parler.

L'acquisition

La théorie vendryésienne nous a conduit à nous pencher sur la *réserve* d'autonomie. Nous savons maintenant qu'elle est composée de tables de décision comportementales probabilistes, mais nous ignorons encore comment elles adviennent, comment elles se créent, comment les obtenir. Parmi les trois niveaux établis par Vendryès, l'autonomie métabolique, l'autonomie motrice et l'autonomie mentale, nous ne pouvons espérer trouver la réponse, au stade actuel de la science exacte de la vie (du vivre), stade encore balbutiant, qu'au troisième niveau, celui de la cognition mentale. En effet, au niveau 1, celui du fondement cognitif du métabolisme universel, nous n'en sommes encore qu'au décryptage, disons alphabétique, de l'ADN, encore bien loin d'une lecture exacte, mathématique, du grand livre de l'Evolution, même si, comme nous l'avons exposé ailleurs [7][10], le modèle matriciel stochastique de Manfred Eigen explique déjà bien la naissance du code génétique à l'origine de la Vie. De même, au niveau 2, sommes-nous encore dans les limbes d'une vraie science, même si les paléontologues se tournent peu à peu vers l'étude des comportements, par exemple à propos de l'acquisition de la station droite chez les vertébrés supérieurs. C'est donc au niveau 3 de Vendryès, celui du mental et de l'humain, que nous devons nous adresser pour obtenir plus de précision sur le processus d'acquisition cognitive. Notons qu'ici une précision s'imposerait si elle n'alourdissait pas l'exposé. Je complète, dans ma propre théorie, le niveau 3 de Vendryès, celui qui repose sur le cortex cérébral et caractérise les vertébrés supérieurs, par un niveau 4, propre à l'être humain, désigné par *l'autonomie sociale-planétaire*. Son acquisition cognitive repose non plus seulement sur le seul cortex cérébral individuel, mais, plus fondamentalement, sur la communication autour du foyer domestique, le langage, la culture.

Il existe aujourd'hui, Dieu merci, une fenêtre d'accès à la science exacte de l'acquisition, qui est la *cognitive*, l'Intelligence Artificielle (IA), la science des robots intelligents, des réseaux neuronaux, etc. Cette science est déjà capable d'automatiser certains processus naturels de l'esprit, tels que la perception (reconnaissance des formes), le langage, l'apprentissage, ou le raisonnement. C'est par cette voie artificielle que l'on peut espérer comprendre comment se créent les tables de décision de la vie naturelle, individuelle ou collective, et donc modéliser *l'acquisition*. Vendryès a insisté fortement sur ce concept-clé. Il avait même repris le mot dans le titre de son ouvrage de 1946 *l'Acquisition de la Science*. C'est un concept hautement fondamental, puisque l'Evolution (des espèces vivantes et des cultures humaines) apparaît finalement comme *une acquisition cognitive*.

Le questionnaire mathématique

Pour être plus précis, nous devrions nous plonger dans des ouvrages déjà anciens [6][8], ou au moins dans leur exposé mathématique succinct donné en janvier dernier et disponible sur le site de l'AFSCET [10]. Contentons-nous ici d'un résumé.

Dans les années 1960, Claude-François Picard [12] a créé la théorie des questionnaires mathématiques, conçue pour optimiser les processus de décision automatisés, ceux dont nous écrivions les logiciels sur les ordinateurs de l'époque. Les questionnaires mathématiques sont des ensembles hiérarchisés de questions-réponses, qui furent utilisés avec succès dans différentes applications, notamment dans ma propre application à la codification statistique dans les recensements et les grandes enquêtes de l'INSEE, de 1979 à 1989 [5].

Le problème central est celui du choix des (bonnes) questions : Les questionnaires mathématiques ne sont jamais donnés en soi. Il faut d'abord choisir quelle est la question qui doit figurer au sommet-racine x_0 . C'est un choix décisif parce que, en opération, c'est toujours elle qui sera posée en premier par l'ordinateur (ou le robot), quelle que soit la situation où il se trouvera, quel que soit le cas qu'il aura à traiter. Ensuite, il faut choisir, pour chacune des réponses attendues à la première question, quelle sera la nouvelle question à poser pour aller plus loin vers la solution cherchée, etc. On voit réapparaître la dichotomie entre le centre du système et son monde opératoire. Au centre, se trouve le « sujet », celui qui choisit les questions, et en face de lui, son environnement opératoire, les différentes situations où il opère, les différents cas qu'il peut rencontrer. A l'époque, dans les années 1960, c'était très nouveau. Nos nouveaux logiciels étaient destinés à opérer « en direct », ou en « *live* » comme on dirait aujourd'hui. Les mathématiciens n'étaient pas prêts à introduire le « sujet » dans leur univers. Bien sûr, il faut faire une exception pour Robert Vallée [15], mais il était bien seul à l'époque. On pense aussi aux postulats de la mécanique quantique apparus au début du siècle. La représentation mathématique portait désormais, non seulement sur l'état du « système » observé, mais aussi sur son observateur, ou du moins sur l'opération d'observation, par le biais d'une matrice.

Par ailleurs, la « communication », autre préoccupation dans l'air du temps, faisait son entrée en mathématique, grâce à l'article mémorable de Claude Shannon, paru en 1948, intitulé « *a mathematical theory of communication* » et portant sur les transmissions par lignes [14]. Picard utilisa aussitôt, pour résoudre son problème central de choix des (bonnes) questions, des calculs de quantités d'entropie au sens de Shannon. Nous retrouvions, au sein du Groupe de Recherche de Picard, le même souci que Shannon, minimiser le temps moyen de traversée du questionnaire mathématique. C'est un problème vital pour la localisation des pannes dans des réseaux de plus en plus complexes, à l'échelle d'une ville, voire de la planète entière. En outre, ce problème du délai de réponse présente un intérêt théorique pour la compréhension du vivant en général, car l'acquisition des tables de décision obéit, comme la physique de la matière, à des impératifs d'économie, nous y reviendrons. Notons que le passage des questionnaires mathématiques à des tables de décision ou des matrices est une formalité d'écriture. On utilise une syntaxe : SI ET...ET.....ALORS ... , composée du produit de critères, reliés par ET, un par niveau de l'arbre.

La nouveauté du sujet (ou centre) n'était pas la seule. Une autre s'ajoutait aussitôt, celle de la Reconnaissance des Formes (*pattern recognition*). Les systèmes symboliques n'avaient plus seulement un centre, une origine, ils avaient aussi une *intention*, une *fin*. Le « choix des (bonnes) questions » avait désormais pour but de dévoiler une modalité d'une *Forme* inapparente, à partir de *signes* apparents. Quant au nouveau mode de calcul de la (bonne) question à poser, il gardait le même objectif, minimiser le temps d'exploration moyen du questionnaire. On maximisait maintenant l'information mutuelle

(au sens de Shannon) entre les signes apparents et les modalités cherchées de la Forme. Le calcul se faisait au sein d'une matrice de probabilités, dite « matrice de détection ».

Dernière innovation, ce fut l'émergence d'une organisation dynamique de l'apprentissage. Dans l'application à la codification statistique à l'INSEE, les questionnaires arborescents devenaient de très grande taille, plusieurs dizaines de milliers de sommets, puis, très vite, des centaines de milliers. Nous devions adopter une organisation nouvelle, alternant des phases d'apprentissage et des phases d'exploitation courante. Après chaque exploitation, on ajoutait les cas nouveaux apparus, ce qui enrichissait le réapprentissage suivant, etc. En outre, le mode de calcul se perfectionnait. On maximisait toujours l'information mutuelle au sens de Shannon, mais calculée *localement*, chaque sommet étant considéré comme un centre autonome. La grande taille des sous-ensembles de références le permettait. C'est ce qu'on a appelé en abrégé la méthode du « critère infomax local » [10].

L'agrégat

L'acquisition cognitive, à la lumière de l'expérience grandeur nature effectuée à l'INSEE, se fait selon un apprentissage par les exemples vécus. Or, « l'ensemble » des cas qui peuvent se présenter au sujet dans son monde propre ne forme pas un *ensemble* au sens mathématique. Il manque pour cela deux critères : la donnée complète de tous les éléments, et l'individualité constante de chacun d'eux. Un système autonome vit dans un monde *a priori ouvert*. Les diverses situations où il peut se trouver sont *a priori indéfinies*. Elles ne constituent pas un *ensemble* au sens mathématique (de Bourbaki pour faire bref), mais un agrégat. Seuls, les cas appris sont définis et forment un véritable ensemble. On rejoint la mécanique quantique, où les états d'un « système » (au sens physicien de « système matériel » observé), sont eux aussi indéfinis *a priori*. Il faut, pour qu'ils deviennent définis, au moins en probabilité, une phase préalable de *préparation* des états du « système », qui correspond *mutatis mutandis* à notre phase d'apprentissage.

Ainsi, à travers sa phase d'apprentissage, un système autonome transforme son monde opératoire d'un agrégat en un ensemble. C'est dire l'importance fondamentale en science exacte, mathématique, de ce concept d'acquisition. En vérité, la question est d'autant plus cruciale qu'elle doit être reliée aussi à la notion « d'expert du domaine », expert nécessairement extérieur au système lui-même. Dès que l'on admet le principe de l'apprentissage progressif de son monde opératoire par le centre d'un système symbolique, il faut qu'il soit *supervisé* par un expert extérieur à lui, pour ainsi dire « transcendant » (par rapport à lui). En intelligence artificielle, dans les Systèmes à Base de Connaissances (KBS *Knowledge Based Systems*), l'expert est le spécialiste humain (individuel ou collectif) reconnu pour le domaine. Ainsi, dans l'application réalisée à l'INSEE, c'était le responsable du Code statistique. En physique quantique, c'est le physicien qui prépare son « système ».

Une dernière remarque, enfin, et qui va rejoindre le concept de « non-modèle » d'Elie Bernard-Weil : Dans l'agrégat d'un monde encore totalement ouvert, le sommet-racine x_0 de son questionnaire arborescent à venir est le degré zéro, en quelque sorte, de tout système d'existence autonome.

La stabilité d'un système autonome

Le cycle existentiel introduit plus haut supposait, en première approche, que les matrices ontique et écotique du système étaient constantes. Or, d'une part, la table de décision du sujet, contenue dans la matrice O, s'agrandit par acquisition cognitive, d'autre part, ses effets sur l'environnement, représentés statistiquement par la matrice

E, évoluent corrélativement dans les mêmes proportions. Le cycle existentiel (cognitif dans l'espace Ψ) s'élargit ainsi en « spirale ». Un exemple simplifié a été exposé complètement en 1996 [8]. Toutefois, l'élargissement de la table de décision n'est pas illimité. Il s'atténue avec le temps, le sujet acquérant progressivement la maîtrise de son monde. Cela reste théorique, certes, mais nous traitons bien ici de *théorie* du vivant et de l'humain. La « spirale existentielle » tend avec « l'âge », au sens de « l'expérience », vers un « cercle » dans l'espace Ψ . Les matrices O et E deviennent constantes, et la chaîne de Markov atteint normalement, à l'infini, une situation d'équilibre, qui est la solution de l'équation : $S(\infty) = S(\infty)$. [O.E]. De plus, cette situation est *stable*, parce que l'on a :

$S(\infty) = S(0) \cdot [O.E]^\infty$, quelle que soit la situation initiale du système $S(0)$ [10]. La situation du système autonome atteint un *palier de stabilité*.

Notons que l'on retrouve ici l'auto-référence au sens de von Foerster ou de Varela.

Comparons maintenant *l'observable* d'un « système » matériel en mécanique quantique et le produit des matrices ontique et écotique [O.E] d'un système autonome, éthologique et cognitif. A la différence du physicien, qui est un sujet placé en face d'un objet extérieur à lui et indépendant de lui (du moins en apparence), un système autonome (individuel ou collectif) est, finalement, à lui-même son propre objet. Son autonomisation progressive tend vers son *autoformation* (sagesse, science parfaite). Enfin, observons une conséquence directe, bien qu'inattendue, de l'adjonction d'un espace de représentation, noté Ψ , en face de celui, Φ , de la représentation classique. On arrive à la conclusion que les deux infinis de Pascal, l'infiniment grand et l'infiniment petit (dans l'espace Φ), doivent être complétés dans l'espace Ψ par deux nouveaux infinis, l'infiniment loin (inaccessible) et l'infiniment près (profond, intime), ce qu'on peut appeler, en termes littéraires, le Ciel et l'Âme (ou Soi) du Monde ([8] p.158).

La relation fusionnante

Les questionnaires mathématiques arborescents apparaissent vite insuffisants et doivent être complétés par des questionnaires en réseaux. Un questionnaire en réseau est obtenu par repliement d'un arbre, ou d'une « forêt » (d'arbres). Dans le cas d'un système artificiel, on regroupe, on *fusionne*, en un même sommet du réseau tous les sommets de l'arbre (ou de la forêt) qui contiennent la même question, ou la même réponse attendue (apprise). Sans reprendre ici les développements mathématiques complets [6][8][9]10[, on peut en résumer les grandes lignes. Un modèle de graphe ouvert, le graphe d'entrée-sortie est introduit et doté de nouvelles mesures : l'entropie systémique et l'information systémique. Ces mesures permettent une évaluation des réseaux complexes et de leur coût de gestion. Au passage, un rapprochement est abordé avec la thermodynamique. On retrouve le même équivalent énergétique du *bit* d'information que Brillouin [1]. On rejoint aussi des travaux de chercheurs américains montrant que, dans des évolutions d'espèces en environnement contrôlé, l'énergie tend à diminuer son temps de traversée [3], ce qui tend à confirmer nos calculs à base de quantités d'information au sens de Shannon. Il existerait ainsi un principe universel de moindre temps de réaction, dans l'espace Ψ , comme il existe un principe de moindre action en physique de la matière dans l'espace Φ . Existe-t-il entre les deux une « corrélation » statistique par la dialectique Ψ - Φ ? C'est une question.

Au fil de notre exposé, une nouvelle relation fondamentale du vivant est apparue, la *relation fusionnante*, codée R2, par opposition à la relation aléatoire de Vendryès, désormais codée R1 et aussi appelée la *relation discriminante*. Pouvons-nous espérer parler ici de « refondation » de la science de la nature, dans un sens proche de vieux concepts présocratiques, tels que la genèse du monde par le couple Haine (différenciation) - Amour (association) chez Empédocle ?

C'est la question par laquelle je terminerai, en vous remerciant de votre bienveillante attention. Je suis désolé d'avoir parcouru au grand galop, en hommage à Pierre Vendryès à l'occasion du centenaire de sa naissance, une « théorie des systèmes autonomes » qui totalise maintenant plus de mille pages souvent ardues, et qui mériterait, si elle devait être un jour enseignée quelque part, un cycle universitaire complet.

Références

- [1] Brillouin L. : *La Science et la théorie de l'information*, Ed. Masson, Paris, 1959
- [2] Fong Yeou Lan : *Précis d'histoire de la philosophie chinoise*, Ed. MacMillan 1948, Payot 1952, Le Mail 1985
- [3] Johnson L. : « The Thermodynamic Origin of Ecosystems : A tale of broken Symmetry », *Entropy, Information and Evolution*, Ed. Bruce H. Weber and coll., MIT Press, 1988
- [4] Lengeler J.-W. : « La nage des bactéries », *La Recherche* N°217, Paris, janvier 1990
- [5] Lorigny J. : "Questionnaire theory applied to wording recognition", *Congrès IEEE Les Arcs*, Ed. CNRS GR22, Paris, 1982
- [6] Lorigny J. « Mesures d'entropie et d'information pour les systèmes ouverts complexes », Thèse d'Etat Univ. Paris VI Jussieu et Paris XII Créteil, Ed. CNRS GR22, Paris, 1982
- [7] Lorigny J. : *Les systèmes autonomes, relation aléatoire et sciences de l'esprit*, Coll. AFCET- Systèmes, Préface Bernard Paulré, Ed. Dunod, Paris, 1992, traduit en portugais *Os Sistemas Autonomos, relação aleatoria e ciência da mente*, Ed. Instituto Piaget, Lisbonne, 1996
- [8] Lorigny J. : *Méta-Physique de l'Autodétermination, Arbre Quid et Science de l'Intelligence*, Ed. L'Interdisciplinaire, Lyon-Limonest, 1996
- [9] Lorigny J. : « Des arbres de grande taille aux réseaux de machines parallèles », Conférence Internationale IPMU, Paris, 1998
- [10] Lorigny J. : « L'architecture des systèmes symboliques », in site www.afscet.asso.fr, Groupe de travail « Approche systémique des systèmes symboliques », janvier 2008
- [11] Piaget J. : *Biologie et Connaissance. Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*, Ed. Gallimard, Paris, 1967, Ed. Delachaux et Nestlé, Lausanne, 1992
- [12] Picard C.-F. : *Graphes et Questionnaires*, tomes 1 et 2, Gauthier-Villars, Paris, 1972
- [13] Platon : *Le Timée* Ed. Garnier-Flammarion, Paris, 1969
- [14] Shannon C. E. : "A mathematical theory of communications", *Bell Systems J.* 27, 1948, pp. 379-423, 623-656
- [15] Vallée R. : « Sur deux classes d'opérateurs d'observation », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 233, Paris, 1951, pp.1350-1351
- [16] Vendryès P. : *Vie et Probabilité*, Préface de Louis de Broglie, Ed. Albin Michel, Paris, 1942
- [17] Vendryès P. : *L'Acquisition de la Science*, Ed. Albin Michel, Paris, 1946
- [18] Vendryès P. : *Vers la théorie de l'homme*, Préface de Jean Fourastié et Introduction de Raoul Kourilsky, Ed. P.U.F., Paris, 1973
- [19] Vendryès P. : *L'autonomie du vivant*, Ed. Maloine s.a., Paris, 1981